Aus dem Institut für Bodenkunde und Mikrobiologie
der Karl-Marx-Universität Leipzig
(Dir. Prof. Dr. G. MÜLLER)

Untersuchungen über das Nahrungswahlvermögen einiger im Ackerboden häufig vorkommender Collembolen und Milben

Von

G. Müller

Mit 4 Abbildungen im Text

I. Einleitung und Problemstellung

Innerhalb der Mesofauna spielen insbesondere Collembolen und Milben bei Zerkleinerungs- und Zersetzungsvorgängen der organischen Bodensubstanz eine wichtige Rolle. Sie leisten damit große Dienste nicht nur den Vertretern der Mikrofauna, sondern auch den Repräsentanten der Mikroflora, den Bodenbakterien und Bodenpilzen.

Untersuchungen haben ergeben, daß hinsichtlich Formen- und Individuenreichtum die Kulturböden, verglichen mit Naturböden, meist ärmer gestellt sind. Da Kultur- und Naturböden auch bei gleichen ökologischen Bedingungen sich meist in zahlreichen edaphischen Merkmalen unterscheiden, sind die limitierenden Faktoren für Formenspektrum und Besatzdichte schwer zu ergründen. Sind auch bestimmte Collembolenarten auf unterschiedlichsten Standorten immer wieder zu finden, so rechtfertigt diese Beobachtung nicht [wie auch G. GISIN (1) anführt], daß wir allgemein von einer Euryökie der Collembolenarten sprechen dürfen. Wir ver-

treten vielmehr den Standpunkt, daß es große Unterschiede hinsichtlich Reaktionsnorm gegenüber Umwelteinflüssen bei den Collembolenarten gibt. Arten mit einer großen Reaktionsnorm täuschen eine Euryökie vor; bei Arten mit einer geringen Reaktionsnorm hingegen spricht man von spezialisierten. Gleiches bezieht sich ebenfalls auf das Nahrungswahlvermögen. Als euryphag bezeichnet man die Collembolenarten mit einer großen, als Spezialisten, die mit einer kleinen Reaktionsnorm gegenüber Nahrung.

Es wäre wünschenswert, wenn bei der Prüfung des Nahrungswahlvermögens die Wirkungsweise der klimatischen, physikalischen, chemischen und biologischen Gegebenheiten der Nahrung und der sonstigen Umwelt bekannt sein würden bzw. unter Kontrolle gebracht werden könnten. Unter natürlichen Bedingungen, aber auch in Modellversuchen, läßt sich diese höchste Form des komplexen Zusammenwirkens nie vollständig erfassen. Die bis jetzt durchgeführten einschlägigen Untersuchungen und auch die hier vorliegenden Ergebnisse werden somit stets ergänzungsbedürftig bleiben.

Bei unseren Freilandversuchen waren wir bestrebt, die angeführten edaphischen Faktoren bei der Prüfung des Nahrungswahlvermögens einiger Collembolen und Milben in ihrer Gesamtheit zu erfassen. Erst nachdem sich unter natürlichen Bedingungen richtungsweisende Erkenntnisse über Nahrung, Umwelt und Organismen herauskristallisiert hatten, sind wir zu Modellversuchen übergegangen. In diesen wurden die gebotene Nahrung und die sonstigen edaphischen Faktoren weitgehend künstlich gesteuert. Wir sind der Ansicht, daß für natürliche Bedingungen im Ackerland über das Nahrungswahlvermögen der Collembolen und Milben zuverlässigere Erkenntnisse erarbeitet werden können, wenn der von uns eingeschlagene Weg einer zunächst orientierenden und erst dann auf Einzelheiten eingehenden Prüfung gewählt wird. Damit soll nicht gesagt werden, daß ein umgekehrter Weg unbedingt zu Fehlschlüssen führen muß. Allgemein dürfte aber der Arbeitsaufwand und die Übertragung auf natürliche Bedingungen im letzteren Falle mit einem größeren Risiko verbunden sein.

Die Frage über das Vorhandensein eines Nahrungswahlvermögens beschäftigte in der Vergangenheit und Gegenwart zahlreiche Autoren. Zu den ersten diesbezüglichen Beobachtungen dürften die von Linnaniemi (2), Handschin (3), Strebel (4) und anderen zählen. Einige Grundfragen der Ernährung, so z. B. ein bestimmter Zersetzungs- und Durchfeuchtungsgrad des Substrates, sowie die Fähigkeit, sich aus den unterschiedlichsten organischen Stoffen zu ernähren, d. h., die geringfügige Nahrungsspezialisierung wurde bereits in diesen Arbeiten erwähnt. Schon damals erkannte man bereits, daß z. B. Eiweißstoffe und Kohlehydrate gegenüber Fetten bevorzugt verzehrt werden. Aber nicht nur der sogenannte „Garezustand" [Schaller (5)], d. h., ein gewisser Feuchtigkeits- und Zersetzungsgrad, und die organische Zusammensetzung der Nahrung, sondern auch der Mineralstoffgehalt und die Geschmacksqualitäten waren Gegenstand von Ernährungsstudien [Johnston (6), Lyford (7), Fenton (8), Dunger (9)]. In diesem Zusammenhang stellte man auch

die große Bedeutung des C:N-Verhältnisses [WITTICH (10, 11, 12, 13), DUNGER (9)] beim Zersetzungsvorgang fest.

Wie weitere Untersuchungen erkennen lassen, spielt nicht nur die organische Substanz der höheren, sondern auch die der niederen Pflanzenwelt bei der Ernährung der Collembolen eine wichtige Rolle. Immer wieder wird darauf hingewiesen, daß einige Arten streng spezialisierte, andere wiederum zufällige Pilzverzehrer sind. Kritisch muß jedoch betont werden, daß die meisten Beobachter sich lediglich auf diese wenigen Feststellungen beschränken, nicht aber auf die systematische Zugehörigkeit der ernährungsphysiologisch so wichtig erkannten Nahrung eingehen. Ähnlich wie niemand die Vertreter der höheren Pflanzenwelt gleich gut geeignet für die Ernährung hält, dürfte auch ein analoger Unterschied bei den Vertretern der niederen Pflanzenwelt bestehen. Hier wird, wie auch G. GISIN (1) richtig erkannt hat, nur eine enge Zusammenarbeit zwischen Mikrobiologen und Zoologen weiterhelfen.

Bei der Untersuchung über das Nahrungswahlvermögen kann der physikochemische Zustand der Nahrung selbst von klimatischen, physikalischen, chemischen und morphologischen Gegebenheiten der unmittelbaren Umwelt nicht getrennt werden. Es kann z. B. der Feuchtigkeitsgehalt der organischen Substanz im Gegensatz zum Feuchtigkeitsgehalt der sie umgebenden mineralischen Bodenbestandteile nicht außer acht gelassen werden.

Bei Futterwahlversuchen im Boden muß demnach die selektive Wirkung folgender edaphischer Faktoren für die Deutung der Beobachtungen stets mit berücksichtigt werden: Porenvolumen, Wassergehalt, Temperatur, Reaktionszustand, Licht usw.

Hinsichtlich Porenvolumen und Bodenart sind die Untersuchungen von KÜHNELT (14), FRENZEL (15), SCHIMITSCHEK (16) und H. GISIN (17) zu erwähnen, die auf Grund der Tatsache, daß die Collembolen nicht grabende Organismen sind, eine mehr oder weniger ausgeprägte Abhängigkeit von diesen Faktoren angeben. Über die Abhängigkeit der biologisch wichtigsten klimatischen Faktoren, Temperatur und Feuchtigkeit im Boden, schreiben in Ergänzung zu den oben angeführten Autoren SCHALLER (18), STREBEL (19) und AGRELL (20). Es wird dabei häufig auf die zuerst von HESSE (21) formulierte und von FEHER und FRANK (22) experimentell bei Bakterien und Pilzen nachgewiesene bodenbiologisch resultierende Gesetzmäßigkeit aus Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit verwiesen und festgestellt, daß „die Auswahl der Tierarten in einem Lebensgebiet durch jenen Lebensfaktor der Umwelt bestimmt wird, der sich am meisten dem Pessimum nähert“. Hierbei erkannte man auch, daß die Collembolen auf Temperaturschwankungen weniger reagieren. Dagegen sind Collembolen gegenüber Trockenheit viel empfindlicher als Milben. Als geringfügig erwies sich auch die Abhängigkeit von der Bodenreaktion bei der Vermehrung der Collembolen und Milben.

Neben den physiko-chemischen Standortsfaktoren dürften auch die biologischen Gesetzmäßigkeiten der im Biotop vorkommenden Bodenorganismen eine

wichtige Rolle bei Futterwahlversuchen spielen. Wie FRENZEL (15) prüfte, äußert sich die gegenseitige Beeinflussung der Organismen vornehmlich in der Nahrungs- und Raumkonkurrenz. Wie unsere Untersuchungen bewiesen (23, 24, 25), dürfte dies im Freiland besonders zwischen den Bodentieren im Bereiche der engeren und weiteren Rhizosphäre der Fall sein.

In Kulturböden werden mittels acker- und pflanzenbaulicher Maßnahmen alle bis jetzt besprochenen Standortsbedingungen spezifisch verändert. Unsere Untersuchungen zeigten übereinstimmend (23, 24, 25), daß durch die angebaute Pflanzenart die Temperatur-, Feuchtigkeit-, Struktur-, Reaktion- und Futterverhältnisse in der Ackerkrume artspezifisch umgestaltet werden. Diese Veränderungen währen verständlicherweise sogar mehrere Jahre über die Vegetationsperiode hinaus (26, 27, 28, 29). SCHALLER (5) und auch wir konnten bei unseren einschlägigen Untersuchungen zeigen, daß nicht nur die Fruchtart, sondern auch die Vegetationsdichte das biologische Geschehen mitgestalten. GISIN (31) vertritt den Standpunkt, daß die Collembolen bestimmte ökologische Lebensgemeinschaften bilden, welche ungefähr den Pflanzenassoziationen des Standortes entsprechen. Diese Beobachtung wird von uns vornehmlich bei noch nicht in Kultur genommenen Flächen bzw. bei Standorten, die schon lange keine künstlichen Eingriffe erfahren haben, bestätigt. Im Ackerboden, wo dem Standort nur mehr oder weniger angepaßte Kulturpflanzenarten abwechselnd angebaut werden, wird sich ein derart biologisch-ökologisches Gleichgewicht kaum einstellen können. Unter diesen Bedingungen müßte dann jedoch der relativ konstante Faktor Boden ausschlaggebend für die qualitative Zusammensetzung der Mesofauna sein.

Unsere Untersuchungen (23, 24, 25, 26) lassen bei gleicher Bodenart darauf schließen, daß mit der angebauten Kulturpflanze weniger die Qualität, vielmehr aber die Quantität beeinflußt wird.

Über weitere Einzelheiten quantitativer und qualitativer Differenzierungsursachen von Collembolen und Milben ist noch wenig bekannt. Wenn man auch mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen kann, daß nicht ein Standortsfaktor allein, sondern mehrere zusammen das biologische Geschehen steuern und damit eine Beantwortung der Fragestellung erschweren, so müssen zur Begründung der biologischen Gesetzmäßigkeit der Bodenbildung seitens der Bodenzoologie weitere einschlägige Beiträge erarbeitet werden. GISIN (31) wies bereits darauf hin, daß Besatzdichte und Artenspektrum ein Kriterium zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit werden können, sobald weitere Untersuchungsergebnisse über diese komplexen Zusammenhänge vorhanden sind. Diese Untersuchungen müssen schon deswegen sehr eingehend bearbeitet werden, da ja bekannt ist, daß die meisten Collembolen und Milben verhältnismäßig träge auf geringfügige Änderungen der Umwelt reagieren. Damit steht im Zusammenhang, daß bestimmte Arten an verhältnismäßig differenzierten Standorten immer wieder gefunden werden. So führt z. B. KÜHNELT (30) an, daß die Collembolenarten *Hypogastrura armata*, *Frisea mirabilis*, *Onychiurus armatus*, *Tullbergia krausbaueri*, *Folsomia quadrioculata*, *Isotoma minor*, *Isotoma notabilis*, *Isotoma*

viridis u. a. eine außerordentlich große Verbreitung haben. Identifizierungsarbeiten zahlreicher Forscher bestätigen diese Feststellung.

Wie Arbeiten [PALISSA (32), FRANZ (33) u. a.] erkennen lassen, ist aber nicht nur die Verbreitung, sondern häufig auch der Individuenreichtum einiger Arten an den verschiedensten Standorten besonders bedeutsam. Diese Tatsache läßt darauf schließen, daß diese wenigen, aber in prozentualer Häufigkeit sehr zahlreich in Erscheinung tretenden Arten, eine große produktionsbiologische Bedeutung besitzen. Trotz der geringfügigen Wahrscheinlichkeit, daß diese außerordentlich verbreiteten Arten, von denen einige stets auch in großer Anzahl auftreten, leicht erkennbare Nahrungsspezialisten sind, müßte dies im Interesse der zoologischen Bodenforschung weiter untersucht werden.

STREBEL (4), DUNGER (9) u. a. Forscher gehen bei ihren diesbezüglichen Untersuchungen in der Weise vor, daß die angebotene Nahrung vom natürlichen Biotop getrennt verabfolgt wird. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse können somit unseres Erachtens nach nicht unmittelbar auf Freilandbedingungen übertragen werden. Die Nahrungsaufnahme bzw. der Stoffumsatz muß sich in solchen Fütterungsversuchen ja immer nach der gebotenen Nahrung richten. Wenn die Tiere nicht eingehen wollen, so müssen sie eine der gebotenen Nahrungsformen aufnehmen. Aus diesen Versuchen kann demnach nicht absolut auf das Nahrungswahlvermögen im Freiland geschlossen werden.

Versuche zur Prüfung des Nahrungswahlvermögens müssen nach unserem Dafürhalten den Collembolen die Wahl frei lassen, Futter aufnehmen zu können, das eventuell außerhalb unserer Kontrolle stand. Diese von uns geforderten Bedingungen bietet nur der Boden selbst. Wird z. B. das in engere Wahl gezogene Futter dem Boden in der Weise beigemischt, daß die Collembolen zwischen den mit künstlichem Futter angereicherten und natürlichen Bodenpartien wählen können, so wird bei anschließend gleichmäßiger Verteilung der Tiere in beiden Bodenpartien die zugegebene Nahrung nicht bevorzugt gefressen. Das angeführte Beispiel möchte unterstreichen, daß bei ähnlich gearteten Modellfutterwahlversuchen die natürlichen Bedingungen im Freiland in der Weise nachgeahmt werden müssen, daß die für Nahrungsaufnahme limitierenden Faktoren unserer Kontrolle nicht entgehen.

Auch Methoden, mit denen man die Analysierung des Darminhaltes der Tiere vornehmen kann, geben deswegen keine definitive Antwort über das Futterwahlvermögen, weil mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann, daß die schwer verdauliche Nahrung stets angehäuft im Darmkanal zu finden sein wird.

II. Besprechung der Ergebnisse der Feldversuche

Unsere an Collembolen und Milben angestellten Untersuchungen über das Nahrungswahlvermögen können in zwei große Abschnitte gegliedert werden.

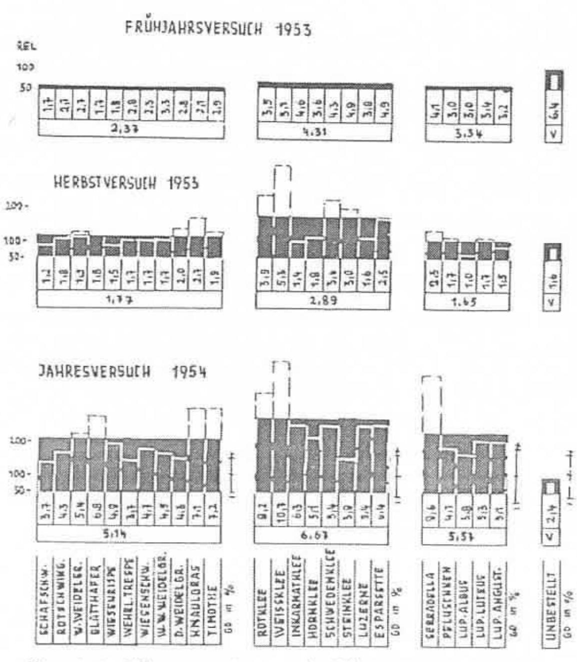
Im ersten Abschnitt sind am natürlichen Standort zuerst bei vitalen und anschließend bei postmortalen Rein- und dann bei Mischsaaten von Futterpflanzen-

arten im Vergleich zu einer unbestellten Variante Prüfungen durchgeführt worden. Abgesehen von den auf Menge und Qualität eventuell selektiv wirkenden Kulturpflanzenvarianten wurde auch die Wirkung der engeren und weiteren Rhizosphäre im Biotop als Versuchsfaktor für das Futterwahlvermögen herangezogen. Die auszugsweise unten gebrachten Beobachtungsergebnisse entstammen den sieben Jahre lang in Müncheberg/Mark auf leichtem Sandboden geprüften Feldversuchen. Nähere Einzelheiten über die gesamte Problemstellung vermitteln die im Literaturverzeichnis unter den Nummern 23—29 angeführten Arbeiten.

Im zweiten Arbeitsabschnitt sollen auszugsweise Versuchsergebnisse eines mehr oder weniger künstlich gesteuerten Futterwahlversuches (Modellversuch) mit oberirdischen, unterirdischen, unzersetzten und teilweise zersetzten Futterpflanzenrückständen gebracht werden. Abschließend werden einige Ergebnisse aus einem mit unterschiedlichen mikroskopischen Bodenpilzvarianten durchgeführten Modellversuch besprochen.

Bei Collembolen werden jeweils quantitative und qualitative Verhältnisse in die Besprechung einbezogen, bei Bodenmilben sind wir wegen Determinationsschwierigkeiten nur auf quantitative Verhältnisse eingegangen.

Zur Ermittlung der Besatzdichte der Collembolen und Milben ist stets die vom Verfasser entwickelte Kochsalzschwemmethode (34) angewandt worden.



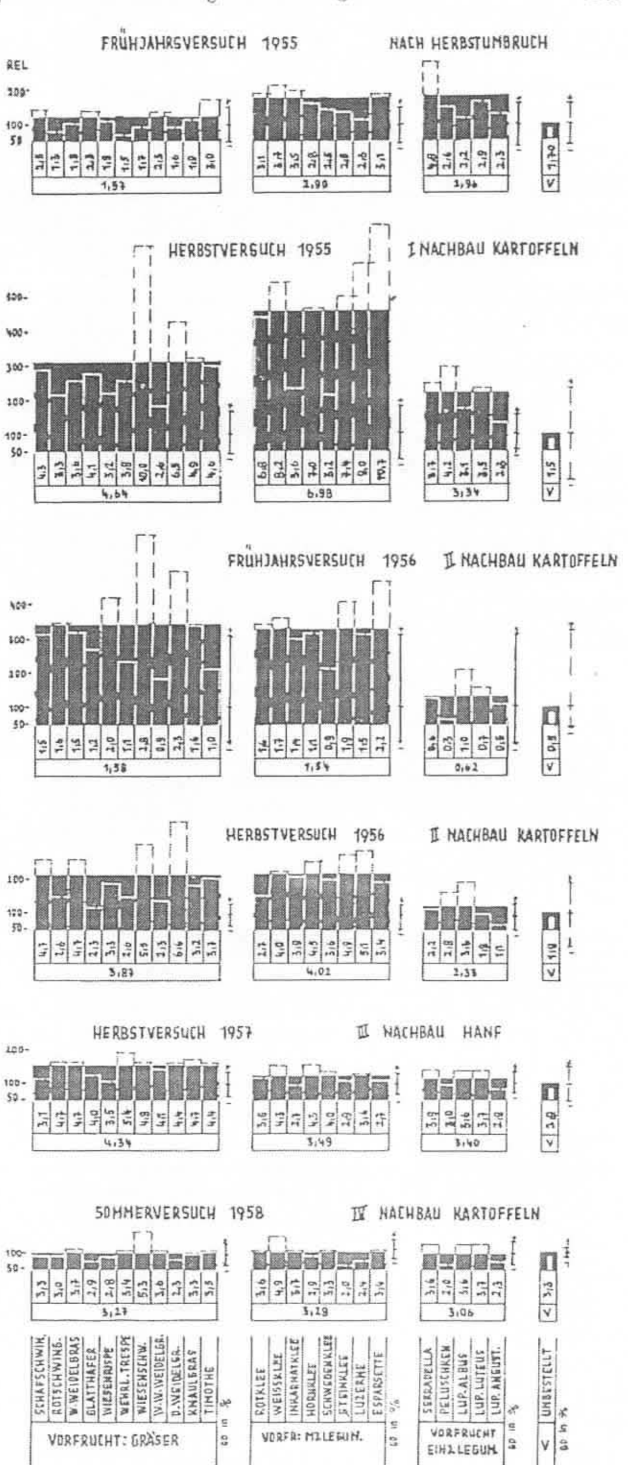
Darst. 1. Pflanzenarten- und Pflanzengruppentest.
Faktor: Collembolengehalt
Ermittelt: In 5 cm Bodentiefe
In 4 cm³ Boden
Mit Kochsalz-Schwemmethode nach Müller

Unter Heranziehung eines Feldversuches mit 11 Gräsern, 8 mehrjährigen, 4 einjährigen Leguminosen und einer unbestellten Versuchsvariante wurden über drei Jahre hinweg bei vitalem Pflanzenbestand und anschließend vier Jahre lang bei postmortalen Pflanzenrückständen folgende Verhältnisse bezüglich der quantitativen Besiedlungsdichte ermittelt (Darst. 1, 2, 3, 4).

Es konnte von der ersten Vegetationsperiode an bei den Leguminosenvarianten eine fortlaufende ansteigende positive Differenzierung der Besiedlungsdichte gegenüber den Gräservarianten hinsichtlich Collembolen festgestellt werden (Darst. 1). Die Bodenmilben zeigten ein umgekehrtes

Besiedlungsverhältnis (s. Darst. 3). Die selektive Wirkung der Versuchsvarianten erstreckte sich stets über die ganze Vegetationsperiode. Am niedrigsten waren die ermittelten Zählwerte für Collembolen und Milben immer bei der unbestellten Variante. Diese beherbergte jedoch stets mehr Milben als Collembolen. Die soeben angeführten Mengenverhältnisse waren signifikanter Natur.

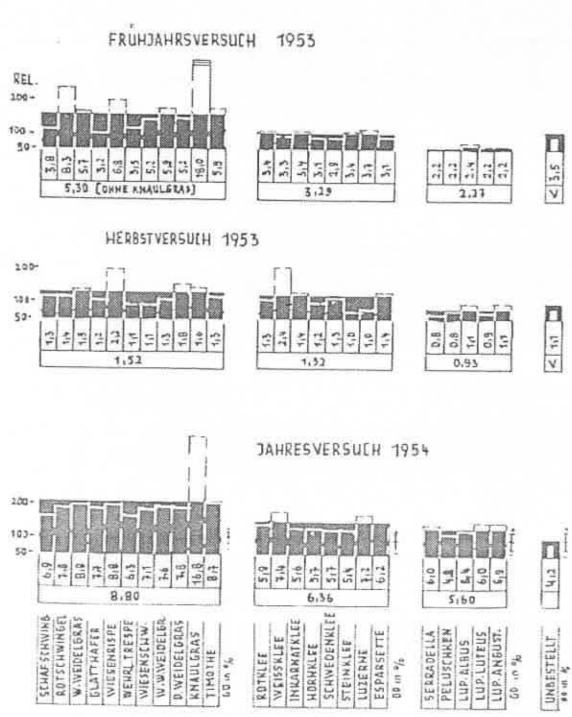
Es möchte nunmehr die Frage beantwortet werden, welche Standortsfaktoren die Differenzierung hervorgerufen haben. Am nächstliegenden wäre die unterschiedliche qualitative und quantitative Zusammensetzung des aus Pflanzenrückständen anfallenden Collembolen- und Milbenfutters. Andererseits bewirkten die unterschiedlichen Pflanzengruppen auch Klima-, Struktur- und Futterverteilungsdifferenzen in der Krume. Daß es nicht klimatische Verhältnisse waren, zeigt die geringe, nicht



Darst. 2. Nachbautest der Pflanzenarten und Pflanzengruppen.
Faktor: Collembolengehalt
Ermittelt: In 5 cm Bodentiefe
In 4 cm^3 Boden
Mit Kochsalz-Schwemmethode nach MÜLLER

signifikate Differenz der Wassergehalts- und Temperaturwerte zwischen der Gräser- und der Leguminosengruppe. Hinsichtlich Bodenstruktur bestanden, wie unsere Krümelstabilität- und Verwitterungsgrad-Untersuchungen zeigten, zwar Unterschiede; die bei leichten Sandböden stets als optimal anzusprechenden Porenvolumenverhältnisse dürften aber die Collembolen- und Milbenverteilung nicht wesentlich beeinträchtigt haben. Der Verteilungsgrad des anfallenden Futters ist, ebenso wie die unterschiedliche Strukturausbildung bei den geprüften Pflanzengruppen im Freiland, artbedingt verschieden. Die selektierende Wirkung hinsichtlich Besatzdichte dieser Faktoren kann demnach endgültig nur mittels Modellversuche beantwortet werden.

Die unterschiedliche qualitative und quantitative Zusammensetzung der Nahrung wirkt wahrscheinlich nicht nur auf die Freßlust der Collembolen und Milben ein, sondern bedingt auch zu einem gewissen Grade das Auftreten der sie abbauenden Mikroorganismengruppen. An Hand der mikrobiologischen Untersuchungsbefunde wissen wir bereits, daß zwischen den Futterpflanzengruppen sehr beachtliche quantitative und qualitative Unterschiede bei der Mineralisierung der angefallenen organischen Substanz zu verzeichnen sind. Die Mineralisation der Gräserwurzeln wird vorwiegend von Basidiomyceten und Actinomyceten, die der Leguminosen von Ascomyceten ausgeführt. Die größere Besatzdichte der Collembolen bei den Leguminosenvarianten bzw. der Milben bei den Gräservarianten kann somit, falls die Collembolen auf Ascomyceten, die Milben eventuell auf Basidiomyceten bzw. Actinomyceten spezialisiert sind, auf der mikrobiologischen Gegebenheit beruhen. Inwieweit die in der Ackerkrume häufig vorkommenden Collembolen und Milben auf diese Verhältnisse reagieren, soll mit Hilfe des noch anzuführenden Modellversuches beantwortet werden.

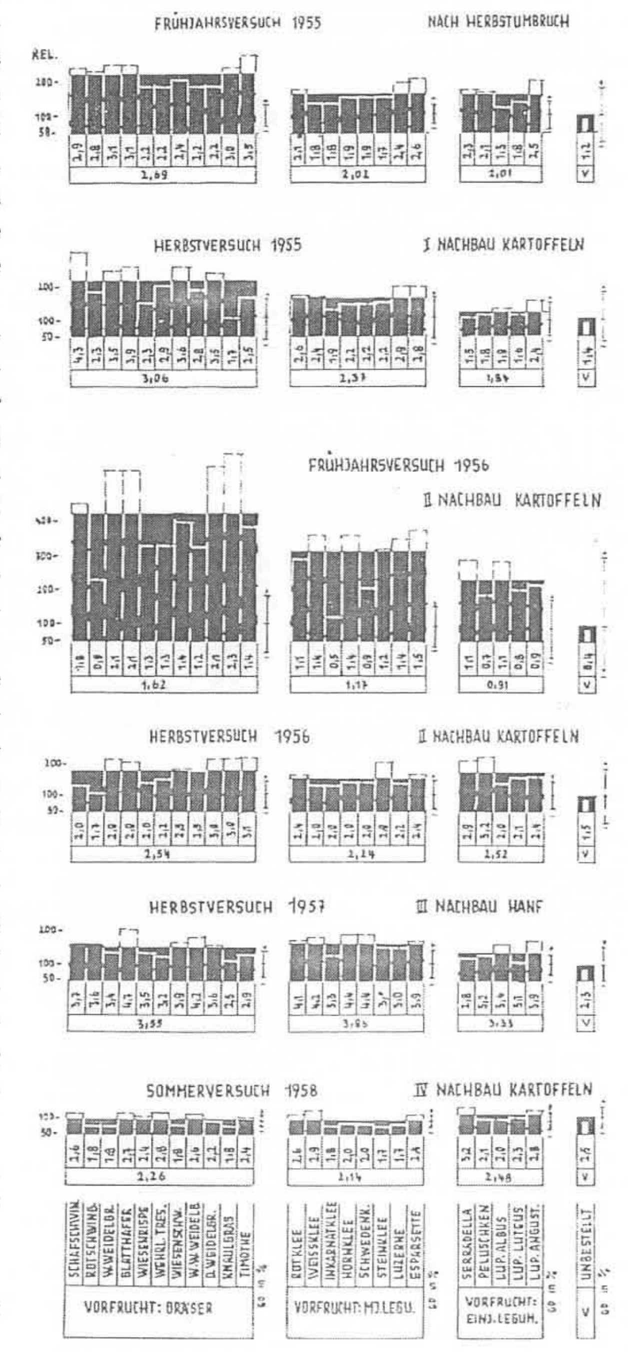


Darst. 3. Pflanzenarten- und Pflanzengruppentest.
Faktor: Milbengehalt
Ermittelt: In 5 cm Bodentiefe
In 4 cm³ Boden
Mit Kochsalz-Schwemmethode nach Müller

Die bis jetzt besprochenen unterschiedlichen quantitativen Collembolen- und Milbenverhältnisse erstreckten sich

auf unsere Beobachtungen in vitalen Futterpflanzenbeständen. Mit Beendigung der dritten Vegetationsperiode wurden alle Futterpflanzenvarianten umgegraben. Nach einheitlichem Nachbau verfolgten wir die bodenbiologische Differenzierung bis zum vollständigen Ausgleich (4 Jahre) weiter (Darst. 2 und 4). Es wurde dabei festgestellt, daß sich die ursprünglich von der Homogenität in eine Inhomogenität übergegangene pflanzengruppenspezifische Collembolen- und Milbenbesiedlungsdichte mit fortschreitender Mineralisierung wieder der anfänglichen Homogenität näherte. Die Kulmination in der Differenz ergab sich im ersten Abbaujahr, d. h. in der Zeitspanne, in der mengenmäßig die größten Nährstoffreserven im Boden vorlagen.

Wir sehen also, daß die zur Verfügung stehenden Futtermengen die Besiedlungsdichte positiv beeinflussen. Interessant war, daß die vom ersten Anbaujahr sich abzeichnende positive Wechselbeziehung zwischen Collembolen und mehrjährigen Leguminosen bzw. Milben und Gräsern vor dem endgültigen Ausgleich im dritten Abbaujahr sich vorübergehend gegen-



Darst. 4. Nachbautest der Pflanzenarten und Pflanzengruppen. Faktor: Milbengehalt
Ermittelt: In 5 cm Bodentiefe
In 4 cm³ Boden
Mit Kochsalz-Schwemmethode nach MÜLLER

Tabelle 1. Variantentest des vitalen Bestandes (Feldversuch 1955)

Prüffaktoren	Luzerne			Weißklee			Knaulgras			Gemisch			Unbestellt		
	$\bar{x}$	Rel	Si	$\bar{x}$	Rel	Si	$\bar{x}$	Rel	Si	$\bar{x}$	Rel	Si	$\bar{x}$	Rel	Si
Collemb. (Vorv. u.) ...	2,82	188	+	4,13	275	+++	2,01	134	+	3,90	260	+++	1,50	100	V
Milben (Vorv. u.)	1,39	198	—	1,20	184	—	3,69	527	+++	2,54	362	+	0,70	100	V
Collemb. (Vor. o.) ...	4,71	266	++	5,40	305	+++	3,53	199	+	5,33	301	+++	1,77	100	V
Milben (Vorv. o.)	1,61	176	—	1,80	197	—	3,04	334	+++	2,46	270	++	0,91	100	V
Collemb. (Frj. e. R.) .	8,28	206	+++	5,89	146	+++	4,27	106	—	6,38	159	+++	4,01	100	V
Milben (Frj. e. R.) ...	1,54	101	—	1,39	92	—	2,21	146	+++	1,46	96	—	1,51	100	V
Collemb. (Frj. w. R.) .	6,70	167	+++	6,65	165	+++	5,78	144	++	7,56	188	+++	4,01	100	V
Milben (Frj. w. R.) ..	1,46	96	—	1,41	93	—	2,40	158	+	1,69	111	—	1,51	100	V
Collemb. (Hbst.)	8,07	1391	+++	12,41	2139	+++	3,95	681	+++	8,31	1432	+++	0,58	100	V
Milben (Hbst.)	2,57	503	+++	2,26	443	+++	4,44	870	+++	3,59	703	+++	0,51	100	V

(Vorv. u.) = Vorvegetationsversuch untere (10—20 cm) Bodenschicht
(Vorv. o.) = Vorvegetationsversuch obere (0—10 cm) Bodenschicht
(Frj. e. R.) = Frühjahrsversuch engere Rhizosphäre
(Frj. w. R.) = Frühjahrsversuch weitere Rhizosphäre
(Hbst.) = Herbstversuch

Tabelle 2. I. Abbautest der Vorfruchtvarianten (Feldversuch 1956)

Prüffaktoren	Luzerne			Weißklee			Knaulgras			Gemisch			Unbestellt		
	$\bar{x}$	Rel	Si	$\bar{x}$	Rel	Si	$\bar{x}$	Rel	Si	$\bar{x}$	Rel	Si	$\bar{x}$	Rel	Si
Collemb. (Frj.)	0,71	171	—	0,96	240	+++	0,75	187	+	0,69	172	—	0,40	100	V
Milben (Frj.)	5,04	210	+	4,18	174	—	9,59	401	+++	5,18	216	+	2,39	100	V
Collemb. (Som. w. R.)	3,48	519	+++	3,44	513	+++	1,78	265	+++	3,30	492	+++	0,67	100	V
Milben (Som. w. R.) .	0,77	366	+++	0,51	242	+++	0,86	409	+++	0,80	380	+++	0,21	100	V
Collemb. (Som. e. R.).	168,6	9978	+++	81,63	4830	+++	22,43	1327	+	70,06	4145	+++	1,69	100	V
Milben (Som. e. R.) ..	6,53	3265	+++	3,67	1835	+++	1,09	545	+++	2,52	1260	+++	0,20	100	V
Collemb. (Hbst. w. R.)	1,20	240	+++	0,79	158	—	1,44	288	+++	1,33	266	+++	0,50	100	V
Milben (Hbst. w. R.) .	0,09	127	—	0,08	112	—	0,12	164	—	0,09	130	—	0,07	100	V
Collemb. (Hbst. e. R.)	45,48	5239	+++	14,23	1632	+++	28,98	3331	+++	30,17	3467	+++	0,87	100	V
Milben (Hbst. e. R.) .	2,63	3287	+++	0,86	1075	+++	0,68	850	+++	1,37	1712	+++	0,08	100	V

Tabelle 3. II. Abbautest der Vorfruchtvarianten (Feldversuch 1957)

Prüffaktoren	Luzerne			Weißklee			Knaulgras			Gemisch			Unbestellt		
	x̄	Rel	Si	x̄	Rel	Si	x̄	Rel	Si	x̄	Rel	Si	x̄	Rel	Si
Collemb. (w. R.)	0,86	121	—	1,03	145	—	1,56	219	+++	1,06	149	—	0,71	100	V
Collemb. (e. R.)	16,32	2298	+++	15,28	5152	+++	22,24	3132	+++	15,80	2225	+++	0,71	100	V
Milben (w. R.)	0,18	85	—	0,14	66	—	0,18	85	—	0,16	76	—	0,21	100	V
Milben (e. R.)	2,89	1376	+++	1,91	909	+++	2,00	952	+++	1,68	800	+++	0,21	100	V

sinnig gestaltet hat. Dem vor dem endgültigen Ausgleich festgehaltenen gegensinnigen Collembolen- und Milbenverhältnis bei den Leguminosen- und Gräservarianten dürfte jedoch auf Grund der Kurzfristigkeit und der geringen Differenz keine allzugroße Bedeutung beigemessen werden.

Der bis jetzt besprochene Feldversuch mit 25 Versuchsvarianten gestattete als ersten Schritt nur eine allgemeine Orientierung hinsichtlich der Collembolen- und Milbenverteilung in Abhängigkeit von Reinsaatvarianten. Als nächsthöheren Schritt muß man den mit einer weitgehend gleichsinnigen, jedoch intensiver bearbeiteten und auch nach Besiedlungsdichte in der engeren und weiteren Rhizosphäre geprüften Untersuchung mit Rein- und Mischsaaten in vitalem und postmortalem Zustand betrachten. Die vitale und postmortale Untersuchungsphase währte jeweils zwei Jahre. Folgende Versuchsvarianten wurden hierbei geprüft: Luzerne, Weißklee, Knaulgras, Gemisch (bestehend aus Luzerne, Weißklee und Knaulgras) und Schwarzbrache. Nach einheitlichem Umgraben am Ende der zweiten Vegetationsperiode folgte, im Gegensatz zu dem vorstehend behandelten Versuch, keine Nachfrucht; alle Versuchsvarianten blieben unbestellt.

Die in Tabelle 1, 2 und 3 wiedergegebenen Untersuchungsbefunde bestätigen und untermauern unsere bereits in Reinsaatenversuch behandelten Besiedlungsverhältnisse der Collembolen und Milben. Der Unterschied besteht lediglich darin, daß bei diesem besonders üppigen Pflanzenbestand zwar gleichsinnige, aber viel größere Abweichungsdifferenzen bei den analogen Versuchsvarianten gefunden wurden. Der wesentliche Unterschied zwischen diesen beiden Versuchen bestand darin, daß hier das Biotop in eine engere und in eine weitere Rhizosphäre geteilt und auf Collembolen- und Milbenbesatzdichte geprüft wurde. Die Trennung selbst führten wir in der Weise durch, daß die Bodenproben der sogenannten Wurzelhose als die engere, und die Bodenproben der von der Wurzel nicht festgehaltenen Bodenmenge als die weitere Rhizosphäre betrachtet wurden. Es zeigte sich dabei, daß die Besiedlungsdichte der engeren Rhizosphäre in allen Jahreszeiten im lebenden und abgestorbenen Zustande der Futterpflanzen stets das Mehrfache an Collembolen und Milben aufwies, als die analogen Bodenproben der weiteren Rhizosphäre. Im Vergleich zu den normalen

Bodenproben der unbestellten Variante weisen die engeren Rhizosphäreproben der mit Futterpflanzen bestellten Versuchsvarianten im vitalen Zustand häufig Differenzen von 1:10 und darüber hinaus, in postmortalem Zustand solche von 1:30—40 auf. Bei Collembolen wird im Sommerversuch 1956 einmal sogar die Relativzahl 9978,70 erreicht.

Die angeführten Verhältniszahlen berichten demnach von einer sehr beachtlichen Differenzierung hinsichtlich Collembolen- und Milbenbesiedlungsdichte in der engeren und weiteren Rhizosphäre. Die Differenz in den engeren und weiteren Rhizosphäreproben war sowohl bei den Collembolen als auch bei den Milben mehr oder weniger gleich groß und konnte stets im Frühjahrs- und Herbstversuch ermittelt werden. Die engere Rhizosphäre scheint demnach den Collembolen und Milben, bei allen geprüften Futterpflanzenarten in allen Jahreszeiten, sowohl bei vitalen als auch bei postmortalen Bedingungen einen bevorzugten Lebensraum zu bieten.

Ähnlich, wie bereits weiter oben besprochen, können als limitierende Faktoren für die unterschiedliche Besatzdichte hier erneut vornehmlich die Futtermenge, der „Garezustand" des Futters, der Feuchtigkeitsgehalt des Standortes und der Mikroorganismenbesatz angesehen werden. Es scheiden als bedingende Ursache mit großer Wahrscheinlichkeit folgende Faktoren aus: Das im Sandboden ohnehin optimal gestaltete Porenvolumen und die praktisch nicht differenzierte Bodentemperatur. Daß die höchste Differenz in der Besiedlungsdichte nicht unter vitalen, sondern unter postmortalen Verhältnissen gefunden wurde, deutet erneut darauf hin, daß die günstigsten Voraussetzungen für die Vermehrung im ersten Abbaujahr zu

Tabelle 4. Prozentuale Verteilung der Collembolenarten

	Luzerne-Vorfrucht				Weißklee-Vorfrucht			
	Sommer-versuch		Herbst-versuch		Sommer-versuch		Herbst-versuch	
	W. R.	E. R.	W. R.	E. R.	W. R.	E. R.	W. R.	E. R.
Folsomia fimetaria	10,8	66,0	8,9	49,0	21,5	65,5	2,5	35,5
Folsomia quadrioculata	—	—	—	—	—	—	—	—
Onychiurus (armatus Gr.)	30,1	11,5	3,8	16,0	19,2	6,5	5,0	12,5
Tullbergia krausbaueri	40,9	10,5	17,7	20,7	19,2	7,0	32,5	31,5
Tullbergia quadrispina	8,1	—	29,1	3,0	22,3	0,5	20,0	4,5
Isotoma notabilis juv.	0,5	2,0	1,3	7,3	—	3,5	—	5,5
Isotoma notabilis sen.	1,1	0,5	—	—	0,8	3,0	—	1,0
Proisotoma minuta	0,5	7,5	30,4	—	1,5	11,0	35,0	—
Hypogastrura armata	1,6	—	—	—	—	2,0	—	—
Hypogastrura viatica	0,5	—	—	—	—	—	—	—
Frisea spec.	0,5	—	—	0,7	1,5	0,5	—	—
Pseudachorutes parv.	—	—	1,3	—	10,0	—	—	5,5
Willemia anophthalma	—	—	2,5	—	—	—	—	—
Sira platani	—	—	—	—	—	—	—	—
Entomobrya spec.	0,5	—	—	—	—	—	—	—
Sminthurus spec.	3,1	—	—	—	0,8	—	—	—
Sminthuridae (juv.)	—	—	1,3	—	2,3	—	—	—
Unbestimmbar	1,6	2,0	3,8	3,3	0,8	0,5	5,0	4,0
Anzahl der best. Tiere Absolutzahl = 100%	186	200	79	300	130	200	40	200

finden waren. Im zweiten Abbaujahr ist die ausgleichende Tendenz hinsichtlich Besatzdichte bei den Versuchsvarianten bereits ersichtlich. Mangels Bodenproben der engeren Rhizosphäre konnte dieser Versuch bis zur vollständigen Homogenität nicht geprüft werden.

Während wir bis jetzt nur auf quantitative Verhältnisse der Collembolen und Milben bei den Versuchsvarianten eingegangen sind und uns an Hand des unterschiedlichen Verteilungsgrades einen Rückschluß auf Futtereignung erlaubt haben, soll nunmehr das Artenspektrum der Tiere mit analoger Zielsetzung zur Diskussion gestellt werden.

Unsere diesbezüglichen Freilanduntersuchungen stützten sich auf zwei Untersuchungsperioden (Sommerversuch und Herbstversuch) im ersten (1956) und eine (Sommerversuch) im zweiten (1957) Abbaujahr. In den vorliegenden Tabellen 4 und 5 ist jeweils die prozentuale Häufigkeit der Art an der Gesamtanzahl der determinierten Tiere nach Vorfruchtvarianten, nach Verteilung in der engeren und weiteren Rhizosphäre und nach Gesamtversuch geordnet wiedergegeben.

Der Zusammenstellung „Gesamtversuch" kann entnommen werden, daß das Artenspektrum in den zwei Untersuchungsperioden des ersten und in der einen Untersuchungsperiode des zweiten Abbaujahres verhältnismäßig klein war. Weiterhin kann den Tabellen entnommen werden, daß ein großer Individuenreichtum bei allen drei Untersuchungsperioden nur auf einige Arten verteilt ist. Die besonders in Erscheinung getretenen Arten waren: *Folsomia fimetaria*, *Onychiurus armatus*, *Tullbergia krausbaueri* und *Tullbergia quadrispina*. Wir finden demnach eine Be-

im I. Abbaujahr (Feldversuch 1956).

Knaulgras-Vorfrucht				Gemisch-Vorfrucht				Unbest.-Vorfrucht		Gesamtversuch			
Sommer-versuch		Herbst-versuch		Sommer-versuch		Herbst-versuch				Sommer-versuch		Herbst-versuch	
W. R.	E. R.	W. R.	E. R.	W. R.	E. R.	W. R.	E. R.	S.	H.	Abs.	%	Abs.	%
11,6	20,4	3,4	49,5	13,5	74,5	2,9	56,0	3,0	5,7	525	38,6	451	31,9
—	—	—	—	—	—	—	—	3,0	—	1	0,1	—	—
27,5	51,4	—	8,0	32,5	12,5	4,1	5,0	6,1	1,9	301	22,1	112	7,9
8,7	14,1	20,7	20,0	38,0	5,5	57,6	17,5	21,2	11,3	256	18,8	367	25,9
20,3	11,3	35,6	4,5	9,5	—	12,9	1,5	36,4	56,6	106	7,8	175	12,4
7,2	—	—	12,5	1,0	3,0	—	12,5	—	—	25	1,8	84	5,9
5,8	0,7	—	1,0	3,0	2,0	0,6	1,0	—	—	25	1,8	7	0,5
13,0	—	35,1	—	—	1,5	16,5	—	6,1	15,1	54	4,0	135	9,5
—	—	0,6	—	0,5	0,5	—	—	—	3,8	9	0,7	3	0,2
1,4	—	—	—	—	—	1,2	—	—	—	2	0,2	2	0,1
—	0,7	—	—	0,5	—	—	—	—	—	6	0,4	2	0,1
—	0,7	1,1	1,0	—	—	0,6	0,5	—	—	14	1,0	18	1,3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	0,1
1,4	—	—	—	—	—	—	—	3,0	—	2	0,2	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,8	1	0,1	2	0,1
2,9	—	—	—	0,5	—	—	—	12,1	—	14	1,0	—	—
—	—	—	—	—	—	1,2	—	6,1	—	5	0,4	3	0,2
—	0,7	3,4	3,5	1,0	0,5	2,4	6,0	3,0	1,9	14	1,0	53	3,7
69	142	174	200	200	200	170	200	33	53	1360	100%	1416	100%

Tabelle 5. Prozentuale Verteilung der Collembolenarten im II. Abbaujahr (Feldversuch 1957)

	Luzerne Vorfrucht		Weißklee Vorfrucht		Knaulgras Vorfrucht		Gemisch Vorfrucht		Unbestellt Vorfrucht	Gesamtversuch	
	W.R.	E.R.	W.R.	E.R.	W.R.	E.R.	W.R.	E.R.	W.R. E.R.	Abs.	%
Folsomia fimetaria	8,3	52,0	12,5	57,6	4,5	69,6	9,4	56,0	16,7	616	47,4
Onychiurus armatus	10,4	2,8	8,3	2,8	2,3	1,2	14,7	1,6	—	52	4,0
Onychiurus campatus	12,5	1,2	8,3	0,8	2,3	0,8	8,2	2,0	—	34	2,6
Tullbergia krausbaueri ...	22,9	38,8	41,7	28,4	22,7	23,6	23,9	30,8	20,8	378	29,1
Tullbergia quadrispina ...	12,5	3,2	20,8	0,8	20,5	0,8	34,6	1,6	8,3	93	7,2
Isotoma notabilis	—	1,6	—	4,4	—	2,8	0,6	7,2	—	41	3,2
Proisotoma minuta	6,3	—	—	1,2	29,5	0,4	1,9	—	50,0	35	2,7
Hypogastrura socialis	—	—	—	—	—	0,4	—	—	4,2	2	0,2
Willemia anophthalma	—	—	—	—	—	—	0,6	—	—	1	0,1
Pseudachorutes parv.	—	—	—	1,2	—	—	—	0,4	—	4	0,3
Pseudosinella alba	—	—	—	—	—	—	0,6	—	—	1	0,1
Megalothoray minimus	4,2	0,4	4,2	0,4	—	—	1,3	—	—	7	0,5
Bourletiella spec.	8,3	—	4,2	—	2,3	—	1,3	—	—	8	0,6
Sminthurinus niger I	4,2	—	—	—	—	—	2,5	0,4	—	7	0,5
Sminthurinus spec. *II*	10,4	—	—	—	15,9	0,4	—	—	—	13	1,0
Hypogastrura luteosp.	—	—	—	0,4	—	—	—	—	—	1	0,1
Unbestimmbar...........	—	—	—	2,0	—	—	0,6	—	—	6	0,5
Anzahl d. bestimmten Tiere } Absolutzahl = 100%	48	250	24	250	44	250	159	250	24	1299	100%

stätigung der oben angeführten Meinung mehrerer Forscher, welche besagt, daß die Collembolen meist in geringem Artenreichtum, einige Arten darunter aber in großer Anzahl auftreten.

Der Überblick über den Gesamtversuch berichtet weiterhin, daß im gesamten Abbauprozeß fast nur diesen letztgenannten Arten eine produktionsbiologische Bedeutung beizumessen ist. Es fragt sich, ob letztere Feststellung im Durchschnitt des Gesamtversuches oder aber nur bei einigen Versuchsvarianten Gültigkeit hat. Da unsere Tabellen die Vorfruchtvarianten stets nach engerer und weiterer Rhizosphäre unterteilten, bekamen wir nur dann eine definitive Antwort auf unsere letzte Fragestellung, wenn die prozentualen Häufigkeitswerte der engeren und weiteren Rhizosphäre innerhalb der Untersuchungsperioden und Versuchsvarianten addiert und durch 2 dividiert wurden. Wird das für die Leitarten durchgeführt, so sehen wir, daß *Folsomia fimetaria* besonders bei den mit Futterpflanzen bestellten Vorfruchtvarianten gefunden wurde, geringfügig dagegen bei der unbestellten Vorfruchtvariante auftrat. *Tullbergia krausbaueri* scheint bei allen Vorfruchtvarianten mehr oder weniger mit einer gleich großen prozentualen Häufigkeit vertreten zu sein. Dasselbe trifft auch für die Art *Tullbergia quadrispina* zu. Das Auftreten der übrigen Arten ist als derart sporadisch zu bezeichnen, daß ähnliche Aussagen nur in der Unterteilung nach engerer und weiterer Rhizosphäre statthaft sind.

Sehr charakteristische Unterschiede stellten wir bei den gefundenen Arten hinsichtlich Verteilung in der engeren und weiteren Rhizosphäre der jeweiligen Variante fest. *Folsomia fimetaria* ist bei allen Futterpflanzenvorfruchtvarianten und Ver-

suchsperioden fast ausschließlich nur in der engeren Rhizosphäre zu finden. *Tullbergia krausbaueri* ist dagegen im Sommerversuch des ersten Abbaujahres noch vorwiegend in den Bodenproben der weiteren Rhizosphäre, im zweiten Abbaujahr dagegen in beiden Bodenproben gleichmäßig verteilt. *Tullbergia quadrispina* meidet nach den Untersuchungsbefunden die engere Rhizosphäre aller Futterpflanzenarten. Sie ist praktisch nur in der weiteren Rhizosphäre bzw. in der unbestellten Vorfruchtvariante zu finden. Von einer ähnlichen, wenn auch nicht so deutlich ausgeprägten Spezialisierung kann auch bei *Proisotoma minuta* berichtet werden.

Für alle drei Untersuchungsperioden trifft einheitlich zu, daß das Artenspektrum bei den in der Vorfrucht mit Futterpflanzen bestellten Versuchsvarianten mannigfaltiger als bei der Versuchsvariante Schwarzbrache war.

Die Untersuchungsergebnisse lassen nunmehr folgende Schlußfolgerungen bezüglich Futterwahlvermögen der geprüften Tiere zu. Die unterschiedlichen Futterpflanzenarten haben das Formenspektrum, verglichen zu einer unbestellten Versuchsvariante, nur geringfügig erweitern können. Von einer ausgesprochenen Spezialisierung auf bestimmte Pflanzenarten kann innerhalb der Ackerkrume kaum gesprochen werden. Sehr deutlich ist dagegen bei einigen Collembolenarten die Spezialisierung, bei anderen die Gleichgültigkeit hinsichtlich Vorkommens in der engeren und weitern Rhizosphäre, hervorgetreten. Arten, die keine Differenzierung zeigten, dürften sich mit großer Wahrscheinlichkeit von Substanzen ernähren, die durch unsere pflanzenbaulichen Maßnahmen unbeeinflußt blieben. Das können z. B. sein: autochthone Bodenbakterien, auf Futterpflanzenabbau nicht spezialisierte Bodenpilze usw. Arten, die bevorzugt sich in der engeren Rhizosphäre aufhielten, verzehren mit großer Wahrscheinlichkeit die dort angehäuft vorliegenden organischen Substanzen. Es bleibt hierbei jedoch die Frage offen, ob die ursprünglich abgestorbene Pflanzensubstanz oder die am Abbau beteiligten Mikroorganismen gefressen werden. Arten, welche die engere Rhizosphäre meiden, werden wahrscheinlich von Angehörigen anderer Arten dort nicht geduldet.

Wir sehen also, daß die Identifizierungsarbeit in unserem zweiten Feldversuch auch nach erfolgter Trennung der Untersuchungsperioden, der Futterpflanzenarten und der engeren und weiteren Rhisosphäre in der Besiedlungsdichte uns in der Beantwortung der Frage über das Nahrungswahlvermögen der Collembolen zwar einen Schritt weiter gebracht hat, befriedigende Wechselbeziehungen werden wir jedoch nur durch künstlich gesteuerte Versuchsbedingungen erreichen können.

III. Besprechung der Ergebnisse der Modellversuche

Mit Hilfe von Modellversuchen sollten die bis jetzt im Freiland erkannten bzw. vermuteten Wechselbeziehungen der Bodentiere zur Nahrung und Umwelt untermauert werden. Wenn auch bei unseren Futterpflanzenvarianten im Freilande keine ausgeprägte Artendifferenzierung nachgewiesen werden konnte, so bestätigt, unseres Erachtens nach, diese Tatsache noch nicht, daß die im Feldversuch gefundenen Collembolenarten (wenn ihnen die Möglichkeit geboten wäre) sich nicht trotzdem bei

einer der geprüften Futterpflanzenvarianten durch zusagendere Futterbeschaffenheit in größerer Anzahl einfinden würden. Nur dann, wenn die allgemeine Meinung Gültigkeit hat, daß zwischen Futtereignung und Vermehrung eine gleichsinnige Beziehung besteht, gestatten unsere Untersuchungsbefunde im Freiland nämlich die oben geäußerte Schlußfolgerung, daß die geprüften Futterpflanzenarten keine deutlich ausgeprägte Artendifferenzierung bei Collembolen bewirken. Besteht zwischen Futtereignung und Vermehrung keine gleichsinnige Beziehung, so kann bei einer Versuchsanordnung, in der die Tiere das Futter selbst aufsuchen können, ihr Wahlvermögen geprüft werden. Modellversuche gestatten uns auch eine Befragung, inwieweit unterschiedliche Abbaugrade der Nahrung auf das Futterwahlvermögen der Tiere einwirken. Es kann bei derartigen Untersuchungen auch die systematische Zugehörigkeit der Mikroorganismen auf Futtereignung geprüft werden. Gleiche pflanzliche Ausgangssubstanz kann durch gelenkte Versuchsanordnung von unterschiedlichen Bakterien bzw. Pilzstämmen abgebaut werden. Nicht zuletzt gestattet die Modellversuchsanordnung die Gleichschaltung des Wassergehaltes, der Temperatur, der Struktur und der Menge des Futters usw. bei den befragten Versuchsvarianten. Es kann auch geprüft werden, ob eine Pflanzensubstanz bei unterschiedlichen Bodenarten denselben Nahrungswahleffekt bei den geprüften Tieren zur Folge hat.

Im Rahmen unseres Versuchsprogramms bedienten wir uns dreier Modellversuche. Im ersten wurde geprüft, inwieweit einen einheitlichen Vermahlungsgrad aufweisendes Wurzelmehl (Pflanzen bei 35° C zurückgetrocknet) von Schafschwingel, Luzerne und Roggenstroh, getrennt vermischt (1 Gew. %) mit Schwarzerde, Lehm

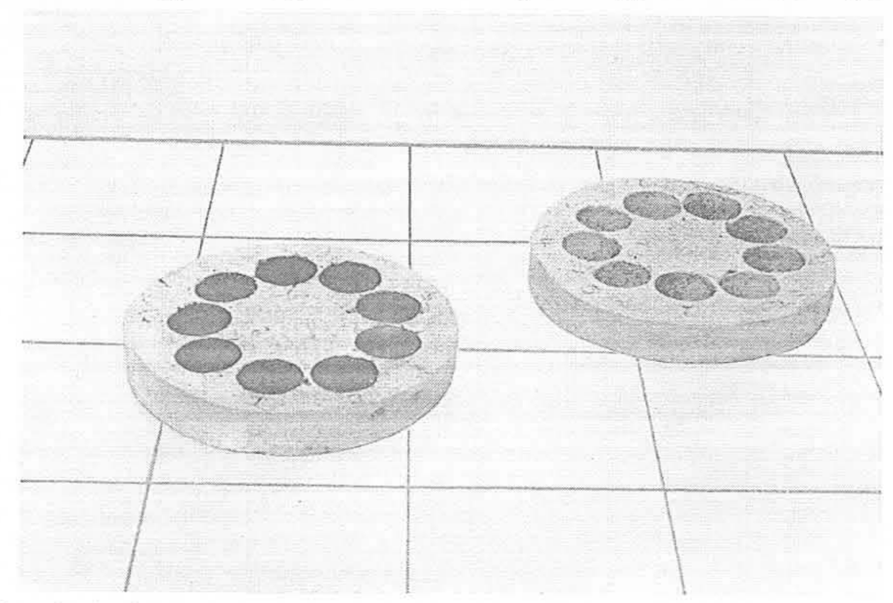


Abb. 1. Im Gipsblock eingesenkte und mit einem Boden-Pflanzenmehl-Gemisch gefüllte Futtergruben im Modellversuch Nr. 1.

und Sand auf die Besiedlungsdichte der Collembolen und Milben bei einer räumlich nebeneinander angeordneten Darbietung einwirkt. Wie die Abb. 1 u. 2 zeigen, sind die Collembolen und Milben mit Hilfe eines Berleseapparates auf die Mitte eines in eine Schale gebrachten Gipsblocks (welcher ½ cm hoch im Wasser lag) ausgetrieben worden. Um die Mitte herum befanden sich in gleichem Abstand in zufälliger Anordnung die Futtergruben mit den entsprechenden Boden-Pflanzenmehlgemischen. Es sind für jede Versuchsvariante 20 Wiederholungen, d. h. 20 Gipsblöcke angesetzt worden. Durchschnittlich entfielen auf einen Gipsblock 128 Collembolen und 54 Milben. Das Material, aus dem die Tiere mit Hilfe des Berleseverfahrens ausgetrieben wurden, entstammte einem Kleegrasgemisch. Den Tieren standen jeweils 8 Tage zum Einfinden in die von ihnen gewünschte Futtervariante zur Verfügung.

Die varianzanalytische Auswertung gestattet, getrennt nach Collembolen und Milben, die Aufstellung folgender Teste: Nahrungstest, Bodenartentest, Wiederholungstest und Teste der Wechselwirkung. Erwartungsgemäß zeigten weder die Collembolen noch die Milben im Wiederholungstest gesicherte Differenzen. Bei den weiteren Betrachtungen konnten diese Teste somit weggelassen werden.

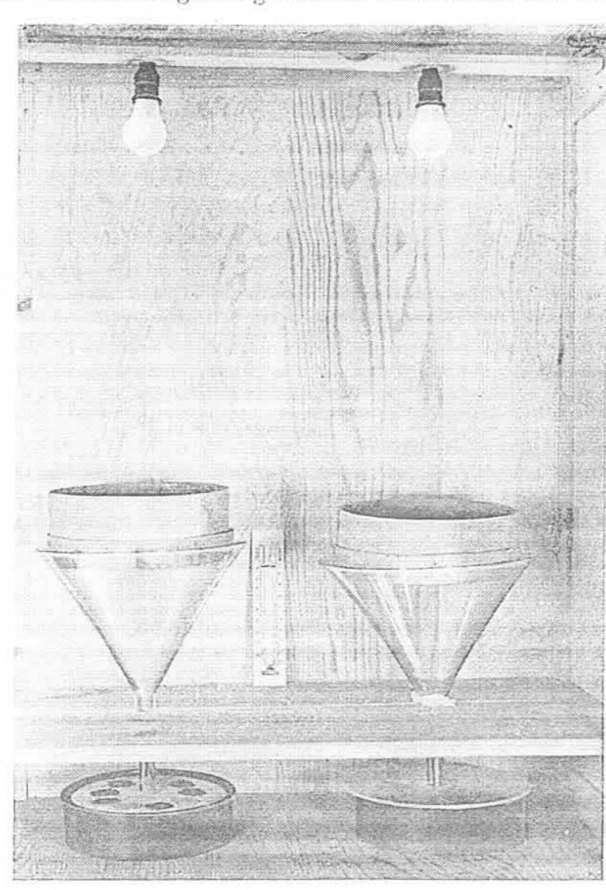


Abb. 2. Berleseautomaten zur Beschickung der in Bild Nr. 1 gebrachten Futtergruben.

Tabelle 6 und 7 berichten über die Besiedlungsdichte der Collembolen, Tabelle 8, 9 und 10 über die der Milben. Der Pflanzenartentest zeigt, daß die Collembolen und Milben in der Luzernevariante eine fehlerkritisch gesichert höhere Besatzdichte aufweisen, Roggenstroh dagegen wird von beiden Tiergruppen am wenigsten aufgesucht; Schafschwingel liegt in der Mitte.

Trotz einheitlicher Krümelgröße (es wurde bei den Böden nur die Krümelfraktion von 1—2 mm verwendet) und damit verbundener einheitlicher Struktur und der Saugkraft entsprechenden Bodenfeuchtigkeit sowie einheitlicher Futtermenge und Futterqualität, zeigen die Bodenartenteste eine signifikant differenzierte

Besiedlungsdichte. Lehmboden wird sowohl von den Collembolen als auch von den Milben bevorzugt besiedelt. Die niedrigste Tierzahl wies in beiden Fällen Sandboden auf. Da bei den Collembolen die nahrungs- und bodenartspezifische Wirkung auf Besatzdichte in der Wechselwirkung dieser limitierenden Faktoren analog war, haben wir auf die tabellarische Wiedergabe verzichtet. Nur bei den Milben zeigte die Wechselwirkung Nahrung/Boden (Tabelle 10) signifikante Unterschiede. Der angeführten Tabelle ist zu entnehmen, daß nach der Aufschlüsselung nach Bodenarten das Schafschwingelfutter mit dem Strohfutter statistisch gleichwertig ist. Lediglich Luzerne bleibt bei Sand, Lehm und Schwarzerde signifikant limitierend für den Verteilungsgrad.

Quantitativ beurteilt kann gesagt werden, daß sich die Collembolen und Milben gegenüber den geprüften Futter- und Bodenvarianten weitgehend einheitlich verhalten haben. Da bei allen Bodenproben die gleiche Menge und der gleiche Verteilungsgrad an organischer Substanz vorlag, ist nunmehr der Beweis erbracht, daß hier die Futterqualität für diese Tiergruppen ausschlaggebend bei der Verteilung war.

Collembolenverteilung im Modellversuch

Tabelle 6. Nahrungstest

Variante	$\bar{x}$	Rel.	Si.
Schafschwingel	13,43	146,3	+
Luzerne	20,00	217,9	+++
Stroh	9,18	100,0	V

Tabelle 7. Bodenartentest

Variante	$\bar{x}$	Rel.	Si.
Sand	9,20	100,0	V
Lehm	17,10	185,9	+++
Schwarzerde	16,32	177,4	+++

Milbenverteilung im Modellversuch

Tabelle 8. Nahrungstest

Variante	$\bar{x}$	Rel.	Si.
Schafschwingel	2,50	131,6	—
Luzerne	13,33	701,6	+++
Stroh	1,90	100,0	V

Tabelle 9. Bodenartentest

Variante	$\bar{x}$	Rel.	Si.
Sand	4,12	100,0	V
Lehm	7,80	189,3	+++
Schwarzerde	5,92	143,7	—

Tabelle 10. Milbenverteilung im Modellversuch. Test der Wechselwirkung Nahrung/Boden

Variante	x	Rel.	Si.	Rel.	Si.
Schafschwingel					
Sand	2,55	100,0	V	164,5	—
Lehm	1,95	76,5	—	75,0	—
Schwarzerde	3,00	117,7	—	193,6	—
Luzerne					
Sand	8,25	100,0	V	532,3	+++
Lehm	18,85	228,5	+++	725,0	+++
Schwarzerde	13,20	160,0	++	851,6	+++
Stroh					
Sand	1,55	100,0	V	100,0	V
Lehm	2,60	167,7	—	100,0	V
Schwarzerde	1,55	100,0	—	100,0	V

Ob nun das unterschiedliche C:N-Verhältnis allein (9, 10—13), oder andere ernährungsphysiologisch wirksame Stoffe für die Differenzierung verantwortlich waren, kann noch nicht entschieden werden. Da zwischen den Collembolen und Milben, welche auf Bakterien- bzw. Pilznahrung spezialisiert sein sollen, die Besiedlung der gebotenen Nahrung auf Mikroorganismenbesatz jedoch nicht geprüft wurde, kann auch angenommen werden, daß bei den Futterproben eine unterschiedliche Mikrobenflora die Differenzierung bewirkt hat.

Nach dem wir uns mit dem ersten Modellversuch eine Orientierung auf Futterwahlvermögen im Durchschnitt der Collembolen und Milben verschafften, wurde der zweite Modellversuch mit den in unseren Feldversuchen als produktionsbiolooisch wichtig erkannten Collembolenarten (*Onychiurus armatus*, *Folsomia fimetaria*, *Proisotoma minuta*, *Tullbergia krausbaueri*, *Hypogastrura armata*) angestellt. Es wurden diesmal jedoch Pflanzenmehle der gleichen Futterpflanzen wie im Feldversuch benutzt. Damit die eventuell bestehenden Wechselbeziehungen noch besser zutage traten, wurde eine Versuchsserie mit 1 Gew. % Pflanzenmehlen der oberirdischen und unterirdischen Pflanzensubstanz, die erst kurz vor Versuchsbeginn zum Absterben gebracht wurde, angesetzt. Eine weitere Serie stellten wir aus teilweise mineralisierten (nach einjährigem Abbau aus dem Boden isoliert) Substanzen derselben Pflanzenarten zusammen. Ein dritter Modellversuch sollte darüber Auskunft geben, inwieweit einige Collembolenarten durch Anreicherung von bestimmten Pilzreinkulturen im Boden auf ihr Futterwahlvermögen befragt werden können. Die Versuchsanordnung wurde, wie Abb. 3 und 4 zeigt, verglichen zum ersten Modellversuch, insofern verbessert, als der jeweiligen Collembolenart ein unterirdischer Zugang

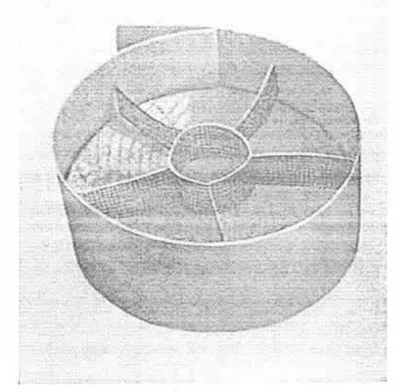


Abb. 3. Die verbesserte Futtergrube in Modellversuch Nr. 2.

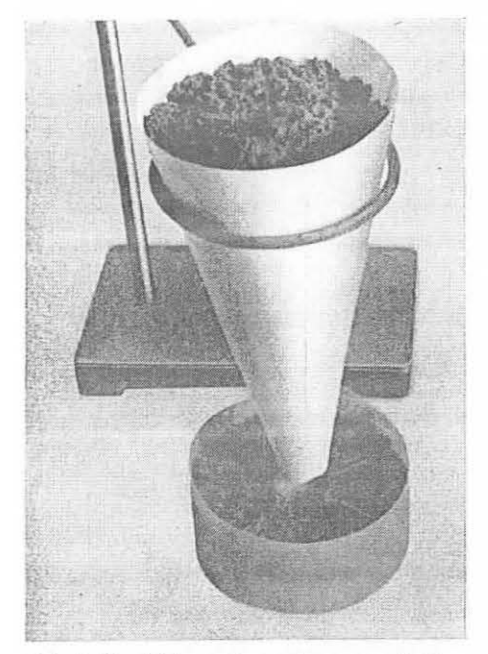


Abb. 4. Beschickung der verbesserten Futtergrube mit Collembolen.

zu den einzelnen Futterpartien durch das eingesetzte Maschendrahtnetz erleichtert wurde. Die jeweilige Collembolenart wurde auf einen geeigneten Substrat in Reinkultur vorvermehrt und mit Hilfe eines kleinen Berleseapparates (Baloghtrichter) in die Mitte des Futterringes eingetrieben. Die Anreicherung der Pilzkulturen fand in mit Boden gefüllten Glasröhren statt. Für die einheitliche Feuchtigkeit und Struktur sorgte erneut ein in Wasser getauchter Gipsblock bzw. die einheitlich gewählte Krümelfraktion von 1—2 mm. Zehn Wiederholungen dienten jeweils zur Untermauerung der Befunde. Die hierbei erzielten Ergebnisse sind in den Tabellen 11—16 wiedergegeben.

Die Untersuchungsbefunde hinsichtlich Besatzdichte bei *Onychiurus aramtus* berichten von einer fehlerkritisch gesicherten gleichmäßigen Verteilung bei aller gebotenen Futtervarianten und Abbauvariationen. Im Freilandversuch (Tabelle 4, 5) konnte dagegen gezeigt werden, daß *Onychiurus armatus* sich bevorzugt in der weiteren Rhizosphäre der Ackerkrume aufhält. Infolge dieser gegensinnigen Beobachtung möchte folgendes zur Diskussion gestellt werden. Übt die in der engeren Rhizosphäre

Tabelle 11. Verteilung von *Onychiurus armatus* im Modellversuch

Variante	Unverrottete Wurzeln			Verrottete Wurzeln			Oberirdische Teile		
	$\bar{x}$	Rel.	Si.	$\bar{x}$	Rel.	Si.	$\bar{x}$	Rel.	Si.
Luzerne	58,4	97,7	—	25,1	91,6	—	20,0	86,9	—
Weißklee	48,2	80,6	—	30,3	110,6	—	25,3	110,0	—
Knaulgras	61,0	102,0	—	30,3	110,6	—	26,1	113,5	—
Gemisch	47,6	79,6	—	30,1	109,0	—	31,9	138,7	—
Ohne Zusatz	59,8	100,0	V	27,4	100,0	V	23,0	100,0	V

Tabelle 12. Verteilung von *Folsomia fimetaria* im Modellversuch

Variante	Unverrottete Wurzeln			Verrottete Wurzeln			Oberirdische Teile		
	$\bar{x}$	Rel.	Si.	$\bar{x}$	Rel.	Si.	$\bar{x}$	Rel.	Si.
Luzerne	35,8	606,8	+++	50,5	223,5	+++	63,2	564,3	+++
Weißklee	50,1	-849,2	+++	27,7	122,6	—	58,8	525,0	+++
Knaulgras	11,7	198,3	—	77,1	341,2	+++	87,9	784,8	+++
Gemisch	54,3	920,3	+++	59,2	261,9	+++	83,0	741,1	+++
Ohne Zusatz	5,9	100,0	V	22,6	100,0	V	11,2	100,0	V

gehäuft vorhandene Nahrung keinen Einfluß auf *Onychiurus armatus* aus, so müßte im Freiland eine gleichmäßige Verteilung in der engeren und weiteren Rhizosphäre vorliegen. Da dies nicht der Fall war, jetzt jedoch bestätigt wird, daß die unterschiedliche Nahrung tatsächlich keinen Einfluß auf die Verteilung hat, kann nur eine Raumkonkurrenz zwischen *Onychiurus armatus* und anderen Collembolenarten die Ursache für ein Meiden der engeren Rhizosphäre im Freiland gewesen sein. Nach den Befunden im Modellversuch verzehrt *Onychiurus armatus* Substanzen, die wir bis jetzt mit unserer Versuchsanstellung noch nicht erfaßt haben. Daß aber *Onychiurus armatus* eine deutlich ausgeprägte Spezialisierung gegenüber anderer Nahrung besitzt, beweist der weiter unten dargelegte Modellversuch, in dem unterschiedliche Reinkulturen an Bodenpilzen angeboten wurden. Merkwürdig ist in diesem Zusammenhang jedoch, daß trotz berechtigter Annahme einer höheren Besiedlungsdichte dieser Bodenpilze in den mit Futterpflanzenmehlen vermengten Bodenproben des Modellversuches keine Anreicherung der Collembolenart stattgefunden hat. Es scheint demnach die Gleichgültigkeit gegenüber unterschiedlicher Futterpflanzennahrung eine bis jetzt nicht erfaßte Ursache zu haben.

Folsomia fimetaria zeigt laut Tabelle 12 ein sehr deutlich ausgeprägtes Nahrungswahlvermögen gegenüber allen geprüften Futterpflanzenarten. Am deutlichsten tritt dies bei noch unzersetzten Wurzeln bzw. oberirdischen Teilen der Futterpflanzenarten hervor. Die Differenzierung geht anscheinend mit Fortschreiten der Mineralisierung allmählich zurück. Im Feldversuch (siehe Tabelle 4 und 5) konnte bei der Prüfung der Besatzdichte in der engeren und weiteren Rhizosphäre der Futterpflanzenarten dieselbe Feststellung getroffen werden, d. h. *Folsomia fimetaria* hielt sich fast ausschließlich nur in der engeren Rhizosphäre, also im Bereich des gehäuften Futtervorrates auf. Hier haben wir es jedoch mit einer Collembolenart zu tun, die, wie unser Modellversuch mit Bodenpilzreinkulturen zeigt, mit großer Wahrscheinlichkeit bevorzugt die organische Substanz der höheren Pflanzen und nicht die mit ihnen vergesellschafteten Mikroorganismen verzehrt. Die zur Diskussion stehende Collembolenart zeigt nämlich eine weniger deutlich ausgeprägte Differenzierung nach Pilzgattungsvarianten als nach Futterpflanzenvarianten. Unsere Annahme wird auch dadurch bestärkt, daß, wie bereits betont, die unzersetzten Futterpflanzensubstanzen stärker differenzierend auf die Art eingewirkt haben als das bereits weiter zersetzte Futterpflanzenmaterial.

Ein sehr interessantes Verhalten tritt uns bei der Art *Proisotoma minuta* im Modellversuch (Tabelle 13) entgegen. Sie weist, ähnlich wie *Folsomia fimetaria*, eine deutlich ausgeprägte, in der Abweichungsdifferenz jedoch nicht so hohe Nahrungsspezialisierung auf. Gegenüber der Bodenprobe ohne Pflanzenmehlbeimengungen werden von ihr alle gebotenen Futterpflanzenarten bevorzugt angenommen. Es scheint aber, daß hier eine etwas deutlichere Bevorzugung der Bodenproben, welchen Leguminosenmehle einverleibt wurden, gegeben ist. Je weiter das gebotene organische Material abgebaut wurde, desto geringfügiger werden, ähnlich wie bei *Folsomia fimetaria*, die erfaßten Unterschiede in der Besatzdichte. Auch gegenüber den unterschied-

Tabelle 13. Verteilung von *Proisotoma minuta* im Modellversuch

Variante	Unverrottete Wurzeln			Verrottete Wurzeln			Oberirdische Teile		
	x̄	Rel.	Si.	x̄	Rel.	Si.	x̄	Rel.	Si.
Luzerne	15,0	277,8	+++	2,7	52,9	o	9,0	257,1	+
Weißklee	10,3	190,7	+	6,0	117,6	—	5,1	145,7	—
Knaulgras	7,0	129,6	—	7,3	143,1	+++	5,2	148,6	—
Gemisch	11,6	214,8	+++	5,7	111,8	—	8,8	251,4	—
Ohne Zusatz	5,4	100,0	V	5,1	100,0	V	3,5	100,0	V

lichen mikroskopischen Bodenpilzstämmen verhält sich die Art analog der vorher besprochenen.

Wie vorstehend bereits angedeutet, ist entgegen ihres gleichsinnigen Verhaltens mit *Folsomia fimetaria*, die sich im Freilandversuch fast ausschließlich in der engeren Rhizosphäre aufgehalten hat, die Art *Proisotoma minuta* bevorzugt in der weiteren Rhizosphäre desselben Versuches zu finden gewesen. Es kann demnach mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß entgegen ihres positiven Wahlvermögens gegenüber Futterpflanzensubstanzen diese Art nicht freiwillig auf ihren Aufenthalt in der engeren Rhizosphäre verzichtet. Es ist vielmehr wahrscheinlich, daß es sich hier, nicht wie bei *Onychiurus armatus*, um eine deutlich ausgeprägte Art- und Raumkonkurrenz handelt.

Die im Freilandversuch weitverbreitete Art *Tullbergia krausbaueri* (Tabelle 14) findet sich im Modellversuch auch bevorzugt bei den mit Futterpflanzenmehl vermengten Bodenproben ein. Sie scheint also, wenn auch im Feldversuch diese Beziehung nur für den Sommerversuch festzustellen war, ein deutlich ausgeprägtes Wahlvermögen gegenüber Futterpflanzennahrung zu haben. Von der Differenzierung auf eine bestimmte Pflanzenart kann auf Grund der weitgehend gleichsinnig positiven Verteilung in den Futterpflanzenvarianten nicht gesprochen werden.

Bis jetzt unerklärlich bleibt somit die ermittelte Gleichgültigkeit bei der Verteilung der Tiere am Ende des ersten bzw. des zweiten Abbaujahres im Freilandversuch. Leider waren unsere Reinzuchten bei dieser Art nicht befriedigend, so daß zu wenig Exemplare zur Prüfung weiterer Beziehungen vorhanden waren. Aus diesem Grunde mußte auch auf den Modellversuch mit Pilzstämmen verzichtet werden.

Die im Modellversuch weiterhin geprüfte Collembolenart *Hypogastrura armata* ist, wenn sie auch in unseren Freilandversuchen kaum in Erscheinung trat, mit der Zielsetzung aufgenommen worden, zu prüfen, inwieweit eine im Freiland unbedeut-

Tabelle 14. Verteilung von *Tullbergia krausbaueri* im Modellversuch

Variante	Unverrottete Wurzeln			Verrottete Wurzeln			Oberirdische Teile		
	x̄	Rel.	Si.	x̄	Rel.	Si.	x̄	Rel.	Si.
Luzerne	12,0	400,0	—	26,0	650,0	—	10,0	111,0	—
Weißklee	9,0	300,0	—	15,0	375,0	—	6,0	66,7	—
Knaulgras	14,0	466,7	—	24,0	600,0	—	11,0	122,2	—
Gemisch	18,0	600,0	—	19,0	475,0	—	15,0	166,7	—
Ohne Zusatz	3,0	100,0	—	4,0	100,0	—	9,0	100,0	—

same Art ein Nahrungswahlvermögen gegenüber den dort geprüften Futterpflanzen besitzt. Die Werte in der Tabelle 15 berichten von einer deutlich ausgeprägten Abhängigkeit gegenüber der gebotenen Futterpflanzennahrung. Unzersetzte Wurzeln und oberirdische Substanzen der Pflanzen wurden deutlicher bevorzugt als analoges verrottetes Material. Die Zahlen berichten sogar von einer mehr oder weniger gut ausgeprägten positiven Spezialisierung gegenüber den leguminosenmehlführenden, also ein engeres C:N-Verhältnis aufweisenden, Futtervarianten.

Ehe wir die Diskussion über unsere Untersuchungsbefunde mit Modellversuchen beenden, sei noch ganz kurz auf die in Tabelle 16 angeführten und zum Teil auch Bezug genommenen Futterwahlversuche mit Pilzreinkulturen hingewiesen. Die dort geprüften Arten *Onychiurus armatus*, *Folsomia fimetaria* und *Proisotoma minuta* zeigten alle sehr deutlich ausgeprägtes Wahlvermögen gegenüber den Bodenproben, die nur mit Pilzstämmen durchwachsen waren. Bei allen Arten trat auch ein spezifisches Verhalten innerhalb der Pilzstämme auf. Unser Penicilliumstamm wurde von allen drei Arten besonders gern aufgesucht. *Onychiurus armatus* zeigte eine besondere Neigung gegenüber *Fusarium*, während *Proisotoma minuta* und *Folsomia fimetaria* diesen Stamm nur unbedeutend bevorzugten. Die Stämme *Trichoderma* und *Cladosporium* wurden von allen drei Arten mehr oder weniger gleichmäßig aufgesucht. Vor Versuchsbeginn sterilisierte und unbeimpft gebliebene Bodenproben wurden von allen Collembolenarten gemieden.

Über das Futterwahlvermögen der Bodenmilben ist noch weniger bekannt als über das der Collembolen. Durch die von uns angestellten Untersuchungen konnte an dieser Unzulänglichkeit nur wenig geändert werden. Die zur Zeit noch fast unüberwindlichen Schwierigkeiten bei der Determination und der künstlichen Reinzucht gestatteten uns lediglich eine orientierende Untersuchung. Zur Beantwortung dieser Fragestellung ist die gleiche Modellversuchsanordnung wie bei den Collembolen an-

Tabelle 15. Verteilung von *Hypogastrura armata* im Modellversuch

Variante	Unverrottete Wurzeln			Verrottete Wurzeln			Oberirdische Teile		
	$\bar{x}$	Rel.	Si.	$\bar{x}$	Rel.	Si.	$\bar{x}$	Rel.	Si.
Luzerne	341,4	536,8	+++	8.3	130.5	—	124.9	204.4	—
Weißklee	343.4	339,9	+++	6.1	95.9	—	185.2	303,1	—
Knaulgras	123.3	193.9	—	8,1	127.4	—	104.7	171.4	—
Gemisch	268.4	422,0	+	6,8	100,0	—	120.1	196,6	—
Ohne Zusatz	63.6	100.0	V	6,8	100,0	V	61.1	100,0	V

Tabelle 16. Verteilung der Collembolenarten im Modellversuch

Variante	*Onychiurus armatus*			*Folsomia fimetaria*			*Proisotoma minuta*		
	$\bar{x}$	Rel.	Si.	$\bar{x}$	Rel.	Si.	$\bar{x}$	Rel.	Si.
Fusarium	32.3	734	+++	6,0	122	—	35,1	104	—
Penicillium	20,7	470	+++	13,5	275	+++	86,2	255	++−
Trichoderma	9.2	209	—	6,1	125	—	46,9	139	—
Cladosporium	14.7	334	—	7.9	151	—	34.8	103	—
Unbeimpft	4.4	100	V	4.9	100	V	33,8	100	V

Tabelle 17. Verteilung von Milben im Modellversuch

Variante	Unverrottete Wurzeln			Verrottete Wurzeln			Oberirdische Teile		
	$\bar{x}$	Rel.	Si.	$\bar{x}$	Rel.	Si.	$\bar{x}$	Rel.	Si.
Luzerne	19,3	283,3	+++	11,8	131,1	++	6,5	92,9	—
Weißklee	15,6	192,6	+++	6,3	70,0	o	4,9	70,0	—
Knaulgras	9,3	114,8	—	11,0	122,2	—	5,9	84,0	—
Gemisch	12,8	158,0	++	12,1	134,4	++	8,4	120,0	—
Ohne Zusatz	8,1	100,0	V	9,0	100,0	V	7,0	100,0	—

gewandt worden. Die in der Tabelle 17 angeführten Mittelwerte stellten die durchschnittliche Anzahl der bei den unterschiedlichen Futterpflanzenvarianten bzw. Futtervariationen erfaßten Milben dar.

Wir sehen, daß auch die Milben ein mehr oder weniger deutlich ausgeprägtes Futterwahlvermögen, im Vergleich zu Bodenproben ohne künstlich angereichertes Futter, besitzen. Diese Feststellung konnte besonders bei den zugefügten Wurzelmehlen, nicht aber bei Mehlen aus oberirdischen Pflanzenteilen getroffen werden. Bei letzterer Futtervariation waren im Verhältnis zu den übrigen nur eine geringe Anzahl Bodenmilben am Versuch beteiligt. Den hierbei ermittelten Beziehungen dürfte somit eine geringfügigere Aussagekraft beizumessen sein. Ein definitives Wahlvermögen hinsichtlich der gebotenen unterschiedlichen Futterpflanzenarten konnte im Durchschnitt der Bodenmilben nicht erfaßt werden.

Zusammenfassung

Die hier vorgetragenen Untersuchungsbefunde hinsichtlich des Futterwahlvermögens der Collembolen und Milben möchten wir wie folgt zusammenfassen:

Wir gingen auf die zur Zeit bekannten und noch zu erarbeitenden Beziehungen der Problemstellung ein und diskutierten dann über die in Feld- und Modellversuchen erzielten Ergebnisse.

Mit Hilfe eines Futterpflanzenreinsaatversuches wurde der Beweis geführt, daß in Abhängigkeit von differenziert anfallenden Pflanzenrückständen beachtliche quantitative Unterschiede in der Besatzdichte an Collembolen und Milben zu erzielen sind. Die Qualität des Futters wirkte auf die Besiedlungsdichte der zwei Tierordnungen insofern ein, als die Gräservarianten bevorzugt die Milben-, die Leguminosenvarianten dagegen die Collembolenvermehrung begünstigten. Bereits hier konnten wir zeigen, daß die mit den unterschiedlichen Futterpflanzenarten nur unwesentlich variierten klimatischen und strukturellen Bodeneigenschaften die Tiervermehrung kaum beeinflußten.

In einem weiteren Futterpflanzenrein- und Mischsaatenversuch wurden die vorstehend erwähnten Ergebnisse weiter untermauert und noch dahingehend ergänzt, daß die engere und weitere Rhizosphäre des Biotops auf die mengen- und artenmäßige Besiedlung hin analysiert wurde. Die Untersuchungsbefunde letzterer Prüfung berichten im Durchschnitt der aufgetretenen Collembolenarten von deren beacht-

licher Anreicherung in der engeren Rhizosphäre. Hinsichtlich der Artenverteilung in den unterschiedlichen Biotopen konnten spezifische Beziehungen ermittelt werden.

Nachdem im Freilandversuch die limitierenden Ursachen für die unterschiedliche quantitative und qualitative Verteilung der Collembolenarten nicht zufriedenstellend gelöst werden konnten, sind wir mit den als produktionsbiologisch wichtig erkannten und in einer sehr großen Häufigkeit bei den angebauten Futterpflanzen auftretenden Collembolenarten: *Onychiurus armatus, Folsomia fimetaria, Proisotoma minuta, Tullbergia krausbaueri* und *Hypogastrura armata* zu Nahrungswahl-Modellversuchen übergegangen. Diese können in drei Versuchsserien gegliedert werden. Der ersten Serie wurden qualitativ bedeutend differenzierte Pflanzenmehle, der zweiten Serie zum Mischsaatenversuch analoge Pflanzenmehle und der dritten Serie unterschiedliche Bodenpilzgattungen bei einer einheitlichen Krümelfraktion und Feuchtigkeit dem Boden als Nahrungsfaktor zugefügt.

Die Ergebnisse der ersten Modellversuchsserie wiesen im Durchschnitt der Collembolen- bzw. Milbenarten auf ein deutlich ausgeprägtes Wahlvermögen gegenüber der gebotenen Nahrung hin. Die Besiedlungsdichte der Luzerne-, Schafschwingel- und Strohvariante verlief parallel zum unterschiedlichen C:N-Verhältnis der gebotenen Nahrung. Diese Beziehung wurde bei Sand, Lehm und Schwarzerde gleichmäßig erfaßt.

Auch die unterschiedlichen Bodenarten beeinflußten die Besiedlungsdichte. Bei analoger Struktur und Wassersättigung ergab sich die stärkere Besiedlung stets im Lehmboden; Sandboden wies hingegen die geringste Besatzdichte auf.

In der zweiten Modellversuchsserie traten wir den Beweis an, daß einige der geprüften Collembolenarten in der Besiedlungsdichte von der gebotenen Nahrung nicht, andere jedoch deutlich beeinflußt wurden. Die qualitativ weniger differenzierten Leguminosenmehle ließen bei den angeführten Arten keine nennenswerte Differenz erkennen. Der Unterschied zwischen Leguminosen und der Knaulgrasvariante war ebenfalls unbedeutend; die Bodenprobe ohne Pflanzenmehlbeimengung wies bei diesen Arten meist eine signifikant niedrige Besatzdichte auf.

Die im Modellversuch erzielten Ergebnisse ermöglichten nun eine befriedigende Erklärung der im Freilandversuch in der engeren und weiteren Rhizosphäre festgestellten Beziehungen.

Die Modellversuchsserie mit mikroskopischen Bodenpilzen gab uns darüber Auskunft, ob die Collembolenarten von der Substanz der höheren oder der diese abbauenden niederen Pflanzen angelockt werden.

Analoge, aber nicht artenmäßig aufgeschlüsselte Ergebnisse wurden hinsichtlich der Bodenmilben zur Diskussion gestellt.

V. Literatur

1. Gisin, G. (1952), Ökologische Studien über die Collembolen des Blattkompostes. Revue Suisse de Zoologie **59**, Nr. 28.
2. Linnaniemi, N. M., Die Apterygotenfauna Finnlands. I. Acta Soc. Sci. Fennicae **34**, Nr. 7.
3. Handschin, E. (1924), Ökologische und biologische Beobachtungen an der Collembolenfauna des schweizerischen Nationalparkes. Verh. naturf. Ges. Basel **35**.

4. STREBEL, O. (1928), Biologische Studien an einheimischen Collembolen. II. Ernährung und Geschmackssinn bei *Hypogastrura purpurascens* (LUBB.) Zschr. f. wiss. Insektenbiologie **23**, Nr. 1/2.
5. SCHALLER, F. (1950), Biologische Beobachtungen an humusbildenden Bodentieren, insbesondere Collembolen. Zool. Jahrb. Syst. **78**.
6. JOHNSTON, J. W. (1936), The macrofauna of soils as affected by certair coniferous and hardwood types on the Havard Univ.
7. LYFORD, W. H. (1943), The palatability of freshly allen forest tree leaves to Millipeds, Ecology **24**.
8. FENTON, G. R. (1947), The soil fauna. With special reference to the ecosystem of forest soil. The Journ. of Animal Ecology **16**.
9. DUNGER, W. (1956), Untersuchungen über Laubstreuzersetzung durch Collembolen. Zool. Jb. (Systematik) **84**, H. 1, Jena.
10. WITTICH, W. (1939), Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit Mullzustand. I. Forstarchiv **15**.
11. — (1943), Desgl. II Forstarchiv **19**.
12. — (1944), Desgl. III. und IV. Forstarchiv **20**.
13. — (1953), Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit starker Regenwurmtätigkeit. Schriftenreihe d. Forstl. Fakultät d. Univ. Göttingen, **9**.
14. KÜHNELT, W. (1942), Über Beziehungen zwischen Tier- und Pflanzengesellschaften Biol. gen. **17**.
15. FRENZEL, G. (1936), Untersuchungen über die Tierwelt des Wiesenbodens. Verlag Fischer, Jena.
16. SCHIMITSCHEK, E. (1938), Einfluß der Umwelt auf die Wohndichte der Milben und Collembolen im Boden. Zschr. angew. Ent. **24**.
17. GISIN, H. (1943), Ökologie und Lebensgemeinschaften der Collembolen im schweizerischen Exkursionsgebiet Basels. Rev. Suisse Zool. **50**.
18. SCHALLER, F. (1951), Zur Ökologie der Collembolen des Mainzer Sandes. Zool. Jb. Syst. **79**.
19. STREBEL, O. (1932), Beiträge zur Biologie und Physiologie einheimischer Collembolen. Zschr. Morph. Ökol. **25**.
20. AGRELL, J. (1941), Zur Ökologie der Collembolen. Untersuchungen in Schwedisch-Lappland. Opuscula entomologica Supplementum. III: 236 S. Lund.
21. HESSE, R. (1924), Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. Verlag G. Fischer, Jena.
22. FEHÉR, D., u. FRANK, M. (1937), Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur und des Wassergehaltes auf die Tätigkeit der Mikroorganismen des Bodens. Arch. f. Mikrobiol. 8, 3.
23. MÜLLER, G. (1959), Bodenbiologische Untersuchungen unter Berücksichtigung der Standortsfaktoren bei Rein- und Mischsaaten. Zbl. f. Bakter, Abt. II 112.
24. — (1959), Bodenbiologische Abbauuntersuchungen unter Berücksichtigung der Standortsfaktoren bei Schwarzbrache nach Rein- und Mischsaaten. Zbl. f. Bakter, Abt. II 112.
25. — (1959), Bodenbiologische Abbauuntersuchungen unter Berücksichtigung der Standortsfaktoren bei Schwarzbrache nach Rein- und Mischsaaten. Zbl. f. Bakter, Abt. II im Druck.
26. — (1956), Untersuchungen über die Wechselbeziehungen zwischen Bodenleben und Standortsfaktoren bei (24) Futterpflanzenarten. Wiss. Zschr. d. Humboldt-Univ. Mat.-nat. Reihe.
27. — (1956), Untersuchungen über die Wechselbeziehungen zwischen Bodenleben, Standortsfaktoren und Ertragsfähigkeit in Kulturpflanzenbeständen nach Futterpflanzenarten. II. Mitt.. Wiss. Zschr. d. Humboldt-Univ. Mat. nat. Reihe.
28. — 1956/1957), Dasselbe. III. Mitt., Wiss. Zschr. d. Humboldt-Univ. Mat.-nat. Reihe.
29. —, Dasselbe. IV. Mitt., Wiss. Zschr. d. Humboldt-Univ. Mat.-nat. Reihe (im Druck).
30. KÜHNELT, W. (1950), Bodenbiologie Verlag Herold, Wien.
31. GISIN, H. (1955), Recherches sur la relation entre la fauna endogée de Collemboles et les qualités agralogiques de sols viticoles. Revue Suisse de Zool. 62, Nr. 37.
32. PALISSA, A., Ökologische Untersuchungen an bodenbewohnenden Apterygoten im Gebiete des Süßen Sees bei Eisleben. Wiss. Zschr. d. Ernst-Moritz-Arndt-Univ. Jg. IV. Mat.-nat. Reihe Nr. 5.
33. FRANZ, H. (1950), Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege. Akademie Verlag Berlin.
34. MÜLLER, G., u. NAGLITSCH, F. (1957), Vergleichende Prüfung bodenzoologischer Auslesemethoden für Kleinarthropoden. Zool. Jb. Syst. 85, H. 3.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. G. MÜLLER, Leipzig S 3, Fichtestraße 28.